动 物 学 研 究 2006, Oct. 27 (5): 473-480 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

同一生境中强脚树莺鸣声的个体差异及多样性

姜仕仁[1,*]，陈水华[2]
（1. 浙江科技学院，浙江 杭州 310023；2. 浙江自然博物馆，浙江 杭州 310012）

摘要：在杭州市郊小和山森林公园内约 85 hm^2 范围内，用 SHARP-CE-15l 型录音机（频响 30—14 000 Hz）和强指向麦克风（频响 40—14 000 Hz），对夏季繁殖期连续分布的同一生境中不同个体的强脚树莺（*Cettia fortipes*）的鸣声进行了记录，并通过计算机声谱分析系统从句型结构、音图结构、时域和频域特征及短时能量等方面进行了分析和比较，发现在同一生境一个小范围内同一种鸟就有 6 种不同类型的鸣声。这些鸣声的音调各不相同，鸣声的结构差异很大，大多声学参数之间也存在显著或极显著差异。形成这种鸣声多样性的原因可能是繁殖竞争在声行为上的体现。

关键词：鸣声多样性；强脚树莺；同一生境
中图分类号：Q959.739；Q959.739.07 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853（2006）05-0473-08

Variations in Songs of Brownish-flanked Bush-Warblers (*Cettia fortipes*) Within a Single Habitat

JIANG Shi-ren[1,*], CHEN Shui-hua[2]
(1. *Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou* 310023, *China*;
2. *Zhejiang Museum of Natural History, Hangzhou* 310012, *China*)

Abstract: Many studies have indicated that there are geographic or even microgeographic variations in songs of a single bird species. We investigated whether it is possible for song variations to exist in one species within a single habitat. From March to June in 2005, the songs of Brownish-flanked Bush-Warblers within one habitat of 85 ha in Xiaoheshan Forest Park in Hangzhou, Zhejiang Province were recorded using a SHARP-CE-15l recorder (frequency response 30-14 000 Hz) and super uni-directional electric condenser microphone (frequency response 40-14 000 Hz). The song phrase patterns and sonogram structures were compared, and the time domain, frequency domain and short-time energy have been analyzed using a computer sound spectrum analysis system. The results showed that Brownish-flanked Bush-Warblers sing six different songs within this small habitat. Those songs significantly varied in tone, structure and other acoustic features, which may imply breeding competition in Brownish-flanked Bush-Warblers.

Key words: Song variation; Brownish-flanked Bush-Warbler; Single habitat

对不同地区鸟类鸣声的地理差异及方言，国内外有不少研究（Backer et al, 1985; Baptista, 1977; Bretagnolle, 1989; Catchpole et a, 1995; Hunter et al, 1979; Jiang et al, 1994; Kreb et al, 1980; McGregor, 1980; Mengel et al, 1977; Nelson, 1998; Peters et al, 2000; Tracy et al, 1999; Westcott et al, 2002; Wright, 1996），同一地区同种鸟类鸣声存在明显的微地理差异（Cunningham et al, 1987; Ficken et al, 1984; Holland et al, 1996; Latruffe et al, 2000; Leader et al, 2000; Mundiger, 1982; Payne, 1978; Rich, 1981; Shieh, 2004; Slabbekoorn et al, 2003; Ding & Jiang, 2005），但对于同一生境中同一种鸟类鸣声是否同样存在多样性尚未见报道。本文通过对杭州市郊小和山森林公园内约 85 hm^2 范围内连续分布的同一生境中不同个体的强脚树莺鸣声的研究分析，以验证并探明同种鸟类在同一生境中的鸣声多样性。

* 收稿日期：2006-03-29；接受日期：2006-06-15
基金项目：浙江省自然科学基金资助项目（393182）
* 通讯作者（Corresponding author），E-mail: jsr001@mail.hz.zj.cn

强脚树莺（*Cettia fortipes*）又名山树莺，是浙江丘陵山地常见的留鸟。在我国分布于福建、广东等东南沿海一带，甘肃、陕西，长江中下游至四川，云南以及台湾等地。国外还分布于印度次大陆的印度、孟加拉、不丹、锡金、尼泊尔、巴基斯坦、斯里兰卡、马尔代夫等，中南半岛的缅甸、越南、老挝、柬埔寨、泰国等以及太平洋诸岛的菲律宾、文莱、马来西亚、新加坡，印度尼西亚的苏门答腊、爪哇岛，巴布亚新几内亚等（Zheng et al，2002）。该鸟常活动于灌丛中，性隐匿，常只闻其声不见其形；但该鸟的鸣声很有特色，在春夏季以两种不同的鸣声交替鸣唱，鸣声尖细而响亮，久远可闻。Yu & Liu（1999）曾对陕西佛坪自然保护区内 8 只强脚树莺鸣声进行了记录和初步分析，但只做了 2 次语图，未能对更多个体之间的鸣声特征进行比较。

1 研究地点、时间和方法

杭州小和山森林公园坐落在杭州市西郊（30°15′N，120°10′E），现为浙江科技学院的校园，四周青山环抱，腹地一湖碧水。在小和山森林公园西北面，从主峰延伸而下四个呈辐射状连续分布的小山丘及它们之间的三个山谷，面积约 85 hm^2，其内密布各种乔木、灌木、小竹、毛竹和藤本植物等，荆棘丛生。常年活动其中的鸟类有：强脚树莺（*Cettia fortipes*）、红嘴蓝鹊（*Urocissa erythrorhyncha*）、画眉（*Garrulax canorus*）、棕头鸦雀（*Paradoxornis webbianus*）、白头鹎（*Pycnonotus sinenesis*）等。在春夏季，活动于其间的强脚树莺的鸣声此起彼伏，响成一片。

2005年3—6月，曾4次于早晨7:00—9:00，使用 SHARP-CE-15l 型录音机（频响 30—14 000 Hz）和 Nature AD60 磁带，以及 MODEL-EM2800 强指向麦克风（频响 40—14 000 Hz）在距鸣叫个体 5—10 m 距离内，对强脚树莺的鸣声进行专门调查和录音，并对记录到鸣声的个体予以编号。同时利用每天徒步上下班时间作附带观察。然后将磁带上的声音，通过计算机，用 Goldwave 软件以 16Bit、单声道、44.1 kHz 进行采样，转换成为 WAV 格式的数字声音文件。然后，选取环境噪声小的清晰鸣声，通过动物声音频谱分析系统（Jiang & Zheng，2003）做出每一个体鸣声的音图。再根据音图结构和鸣声反复播放比较，把鸣声音图结构和音调变化相似的归为同类。然后，从每一鸣声类型的不同个体的鸣声中依次循取 10 声，分别对它们各音节的持续时间（duration，DT）、主频（main peak frequency，MPF）、频宽（bandwidth，BW_{-20dB}）、最低频率（lowest frequency，LF）、最高频率（highest frequency，HF）和全句的持续时间等声学特征参数进行分析比较，并根据（Zhu，1992）短时能量定义：

$$En = \sum_{m=n-(N+1)}^{n}[x(m)\omega(n-m)]^2 = \sum_{m=n-(N+1)}^{n}x^2(m)h(n-m)$$

以 10mSec 窗宽对各类型的鸣声进行短时能量（En）分析。数据通过 SPSS 统计分析软件处理，并以 Independent-samples t-test（2-tailed）对各类鸣声各音节的有关声学参数进行显著性检验。

2 结 果

从调查中得知，该生境中的强脚树莺每一鸣叫个体均有一固定的音调变化模式，尽管唱同一类型歌的个体之间，甚至同一个体前后唱的歌在时域和频域上也有微细差异，但它们的基本语调不变，以致从听觉上就可明显区分出相邻个体之间不同的鸣声。

经对 26 只鸣叫个体的 186 个鸣声的音图分析和比较，该生境中的强脚树莺主要有 6 种明显不同的鸣声类型（图 1），相互之间具有明显不同的声学特征。

2.1 鸣声的句型结构

从 6 种鸣声的句型结构上看，T1—T5 鸣声均有 A、B 两个鸣句，通常两句交替鸣唱。有时其中的一句有重复的现象。而 T6 类型的鸣声仅由 1 个个体每天在同一地域中以单个鸣句唱着这一单调的歌。

2.2 不同鸣声的音图结构比较

鸣声的音图结构直观反映了鸣声的音调变化。从图 1 音图结构上可见，T1—T5 鸣声除了 A、B 鸣句的第 1 音节（S1）为长恒频结构以外，其余对应音节的音图均互不相同，特别在 A、B 鸣句的第 2、3 音节（S2、S3）上。所有类型中的 A 鸣句的 S2 频率几乎都是由低变高，而 S3 频率总是由高变低，两音节的声图尤如不同书法家写的“八”字，形态

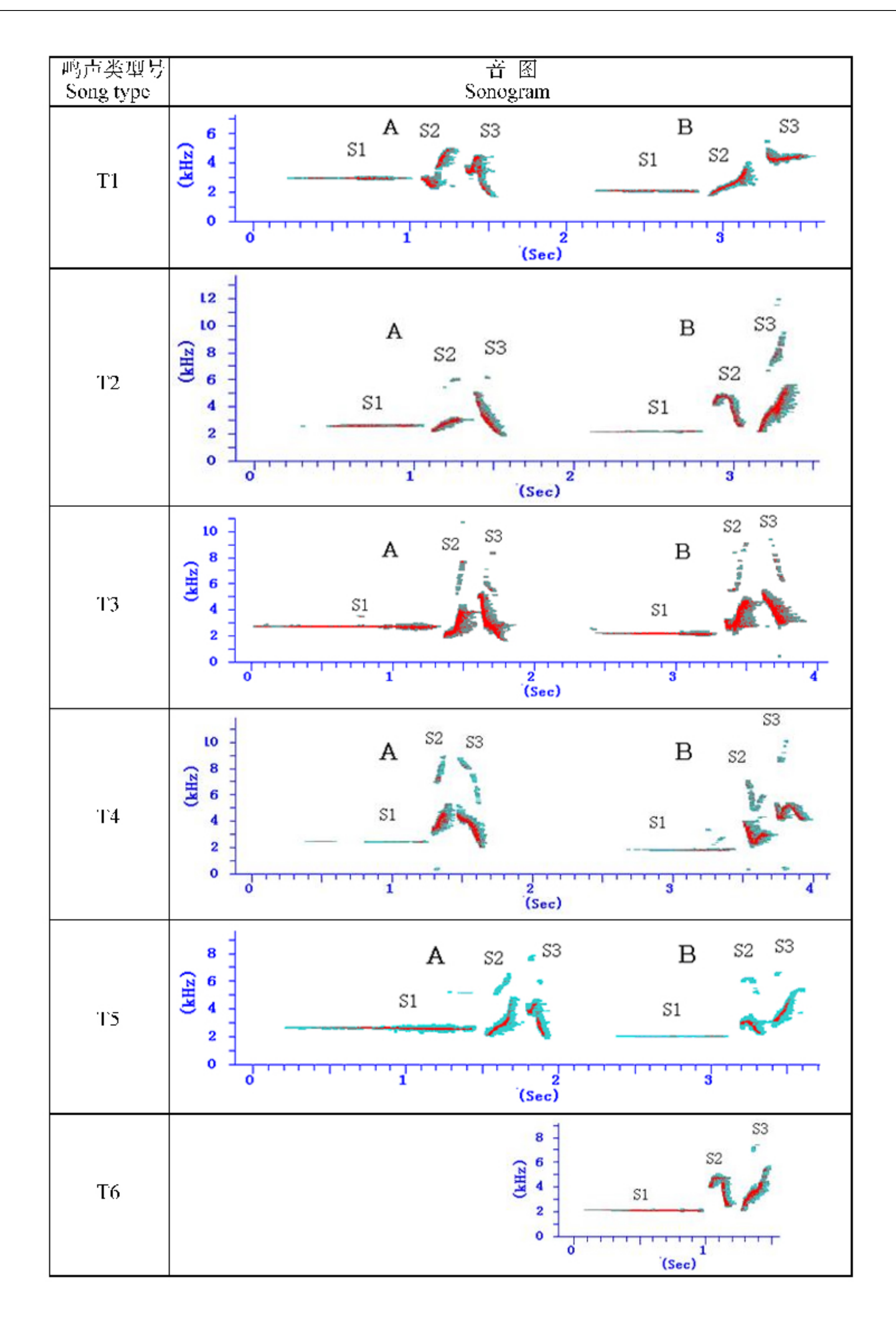


图 1　杭州小和山森林公园内强脚树莺 6 种鸣声两种鸣句的音图

Fig. 1　The sonograms of two phrases in six types of songs recorded in Xiaoheshan Forest Park in Hangzhou

A：鸣句 A（Song phrase A）；B：鸣句 B（Song phrase B）。

T1—T6：鸣声类型 1—6（Song Type 1－6）；S1—S3：：音节 1—3（Syllable 1－3）。

各异。各类型鸣声中变化最大的是 B 鸣句的 S2、S3 两音节，各自呈现截然不同的声纹。有些鸣声类型的某些音节（如 T2 鸣声 B 鸣句的 S3，T3、T4 鸣声 A、B 鸣句的 S2、S3 等）具有高频谐音。

2.3　不同鸣声时域特征比较

各鸣声类型的持续时间不一，其时域特征参数

表 1 杭州小和山森林公园内强脚树莺 6 种鸣声两种鸣句的时域特征参数

Tab. 1 The time-domain of two phrases in six types of song of Brownish-flanked Bush-Warbler in Xiaoheshan Forest Park, Hangzhou (ms)

鸣声类型 Song type	鸣句 A Song phrase A				鸣句 B Song phrase B			
	音节 1 S1	音节 2 S2	音节 3 S3	全长 Total length	音节 1 S1	音节 2 S2	音节 3 S3	全长 Total length
T1	1 296 ± 185	228 ± 26	229 ± 33	1 835 ± 187	856 ± 136	302 ± 52	322 ± 69	1 599 ± 220
T2	1 326 ± 135	210 ± 22	244 ± 58	1 911 ± 188	1 035 ± 258	235 ± 22	293 ± 20	1 700 ± 262
T3	1 267 ± 102	219 ± 19	291 ± 95	1 897 ± 123	1 115 ± 231	245 ± 29	312 ± 82	1 802 ± 315
T4	1 029 ± 316	182 ± 31	248 ± 83	1 552 ± 366	1 084 ± 101	192 ± 36	279 ± 18	1 624 ± 101
T5	1 061 ± 277	234 ± 19	222 ± 80	1 631 ± 309	1 057 ± 322	199 ± 49	316 ± 100	1 647 ± 427
T6					937 ± 199	227 ± 22	244 ± 22	1 504 ± 181

$n = 10$.

表 3 杭州小和山森林公园内强脚树莺 6 种鸣声的频域特征参数

Tab. 3 The frequency domain of six types of song of Brownish-flanked Bush-Warbler in Xiaoheshan Forest Park, Hangzhou (Hz)

鸣句 Song phrase		音节 1 S1				音节 2 S2				音节 3 S3			
		主频 Main peak frequency	频宽 Bandwidth	最低频率 Lowest frequency	最高频率 Highest frequency	主频 Main peak frequency	频宽 Bandwidth	最低频率 Lowest frequency	最高频率 Highest frequency	主频 Main peak frequency	频宽 Bandwidth	最低频率 Lowest frequency	最高频率 Highest frequency
A	T1	2 928 ± 95	139 ± 17	2 863 ± 97	3 002 ± 93	2 947 ± 398	1 941 ± 256	2 321 ± 223	4 281 ± 364	3 189 ± 347	2 503 ± 777	2 093 ± 158	4 596 ± 724
	T2	2 586 ± 17	148 ± 34	2 515 ± 27	2 662 ± 17	2 897 ± 63	2 309 ± 1 448	2 201 ± 37	4 511 ± 1 470	2 831 ± 131	3 483 ± 50	2 176 ± 194	5 660 ± 502
	T3	2 701 ± 164	146 ± 19	2 631 ± 157	2 777 ± 168	3 030 ± 692	4 539 ± 1 823	1 960 ± 252	6 499 ± 1 767	2 921 ± 200	4 002 ± 1 456	2 254 ± 270	6 256 ± 1 621
	T4	2 427 ± 26	353 ± 472	2 365 ± 19	2 718 ± 477	3 508 ± 22	3 007 ± 2 772	3 054 ± 244	6 061 ± 2 807	3 904 ± 244	4 425 ± 3 548	2 868 ± 541	7 293 ± 3 145
	T5	2 581 ± 24	164 ± 19	2 497 ± 29	2 661 ± 21	3 046 ± 452	2 463 ± 1 870	2 188 ± 53	4 652 ± 1 831	3 311 ± 490	2 764 ± 2 768	2 524 ± 888	5 288 ± 2 247
B	T1	2 040 ± 122	296 ± 189	2 006 ± 117	2 302 ± 231	2 595 ± 290	1 533 ± 144	1 923 ± 127	3 457 ± 128	4 283 ± 86	1 732 ± 808	3 244 ± 892	4 903 ± 301
	T2	2 164 ± 34	179 ± 161	2 100 ± 46	2 279 ± 130	4 594 ± 128	2 377 ± 1 429	3 175 ± 451	5 552 ± 1 551	3 818 ± 64	3 387 ± 2 217	2 485 ± 628	5 872 ± 180
	T3	2 199 ± 106	147 ± 25	2 125 ± 130	2 378 ± 206	2 771 ± 112	3 652 ± 1 818	2 619 ± 127	6 271 ± 1 759	4 165 ± 850	4 989 ± 2 285	2 949 ± 130	7 938 ± 2 253
	T4	1 812 ± 43	391 ± 410	1 550 ± 321	1 941 ± 138	3 152 ± 472	5 840 ± 2 229	2 416 ± 165	8 255 ± 2 351	4 755 ± 525	2 395 ± 1 409	3 973 ± 337	4 757 ± 623
	T5	2 090 ± 66	372 ± 452	2 012 ± 88	2 384 ± 385	4 006 ± 815	2 024 ± 2 104	2 654 ± 394	4 679 ± 1 883	3 557 ± 283	5 088 ± 3 178	2 305 ± 398	7 393 ± 3 016
	T6	2 139 ± 34	131 ± 11	2 084 ± 37	2 215 ± 29	4 470 ± 208	2 251 ± 186	2 676 ± 230	4 927 ± 70	3 769 ± 123	2 739 ± 1 433	2 087 ± 150	4 826 ± 1 440

$n = 10$.

T1—T6：6 种不同类型的鸣声（Type 1 - type 6）；S1—S3：音节 1—3（Syllable 1 - syllable 3）。

见表 1。在所有类型的 A、B 鸣句中均为 S1 持续时间最长，S2、S3 持续时间相对较短。5 种类型中 A 鸣句的 S1 持续时间分别占全句的 71%、69%、67%、66%和 65%；6 种类型中 B 鸣句的 S1 持续时间分别占全句的 54%、61%、62%、67%、64%、62%。5 种类型中 A、B 鸣句持续时间之比也不同，分别为 1∶1.15、1.12、1.05、0.96、0.99，T1—T3 是 A 鸣句长于 B 鸣句，T4、T5 是 B 鸣句长于 A 鸣句。由相互之间时域参数的差异显著性检验结果（表 2）可见，除了 A 鸣句中 S3 音节之外，其余鸣声类型的相同音节之间均有部分存在显著或极显著差异。

表 2　杭州小和山森林公园内强脚树莺 6 种鸣声两种鸣句各音节时间长度的差异比较

Tab. 2　Syllable length among the two phrases in six types of song of Brownish-flanked Bush-Warbler in Xiaoheshan Forest Park, Hangzhou

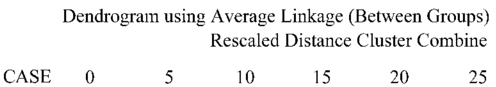
鸣声类型 Song type		鸣句 A Song phrase A				鸣句 B Song phrase B				
		T2	T3	T4	T5	T2	T3	T4	T5	T6
S1	T1	0.69	0.67	0.03*	0.04*	0.07	0.01**	0.00**	0.09	0.30
	T2		0.29	0.01**	0.01**		0.47	0.58	0.87	0.36
	T3			0.04*	0.04*			0.70	0.65	0.08
	T4				0.81				0.80	0.05*
	T5									0.33
S2	T1	0.12	0.41	0.00**	0.55	0.00**	0.01**	0.00**	0.00**	0.00**
	T2		0.33	0.03*	0.02*		0.43	0.01**	0.04*	0.43
	T3			0.00**	0.10			0.00**	0.02*	0.15
	T4				0.00**				0.74	0.02*
	T5									0.11
S3	T1	0.48	0.07	0.51	0.81	0.23	0.77	0.08	0.88	0.00**
	T2		0.20	0.91	0.49		0.50	0.12	0.49	0.00**
	T3			0.29	0.10			0.24	0.92	0.02*
	T4				0.49				0.27	0.00**
	T5									0.04*
TL	T1	0.38	0.40	0.04*	0.09	0.36	0.11	0.75	0.76	0.31
	T2		0.84	0.01**	0.02*		0.44	0.40	0.74	0.07
	T3			0.01**	0.02*			0.11	0.37	0.02*
	T4				0.61				0.87	0.08
	T5									0.35

* $P \leqslant 0.05$, ** $P \leqslant 0.01$ (*t*-test).

T1—T6：6 种不同类型的鸣声（Type 1 – type 6）；S1—S3：音节 1—3（Syllable 1 – syllable 3）；TL：全句的总时间长度（Total length of the song）。

2.4　不同鸣声的频域特征比较

这些鸣声类型也在频域特征上体现出各自的特征，其频域特征参数见表 3。各类型鸣声相同音节的频域参数间存在显著或极显著差异。虽然每种类型的 A、B 鸣句的 S1 均为长恒频鸣声，但鸣声的频率高低不同。如各类型 A 鸣句的 S1 主频，除了 T2 和 T5 之外，其余之间都有显著或极显著差异（表 4）；B 鸣句各音节之间比 A 鸣句具有更多的显著差异。5 种鸣声 A、B 鸣句 S1 的主频差也不同，T1—T5 的平均主频差分别为 888、422、502、615 和 491 Hz。再通过对表 3 中这 5 种鸣声的频域特征参数用分层聚类法（hierarchical cluster）以组间平均最小欧氏距离的平方进行聚类分析后，从结果可以看出（图 2）T2 和 T5 最为相似。T6 是仅为 1 个个体每天在同一地点连续发出仅有 1 个鸣句的鸣声。从图 1 可见，该句与 T2 的 B 句有十分相似的声纹结构，两者在频域特征上也不具有显著差异(表4)。



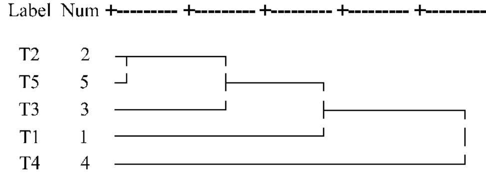


图 2　杭州小和山森林公园内强脚树莺 6 种鸣声的频域参数的聚类图

Fig. 2　Cluster analysis of the frequency domain of six types of song of Brownish-flanked Bush-Warbler in Xiaoheshan Forest Park, Hangzhou

表 4 杭州小和山森林公园内 6 种鸣声各音节频域特征差异比较

Tab. 4 Frequency domains among the syllables in six types of song of Brownish-flanked Bush-Warbler in Xiaoheshan Forest Park, Hangzhou

频域 Frequency domains			音节 1 S1					音节 2 S2					音节 3 S3				
			T2	T3	T4	T5	T6	T2	T3	T4	T5	T6	T2	T3	T4	T5	T6
	MPF	T1	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**		0.70	0.75	0.00**	0.61		0.01**	0.05*	0.00**	0.53	
		T2		0.04*	0.00**	0.56			0.55	0.00**	0.32			0.25	0.00**	0.01**	
		T3			0.00**	0.03*				0.04	0.95				0.00**	0.03*	
		T4				0.00**					0.00					0.00**	
	BW_{-20dB}	T1	0.48	0.37	0.17	0.01**		0.44	0.00**	0.24	0.39		0.00**	0.01**	0.11	0.78	
		T2		0.92	0.19	0.21			0.01**	0.49	0.84			0.30	0.42	0.43	
		T3			0.18	0.06				0.16	0.02*				0.73	0.23	
A		T4				0.22					0.61					0.26	
	LF	T1	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**		0.11	0.00**	0.00**	0.08		0.30	0.12	0.00**	0.15	
		T2		0.03*	0.00**	0.19			0.01**	0.00**	0.54			0.47	0.00**	0.24	
		T3			0.00**	0.02*				0.00**	0.01**				0.00**	0.37	
		T4				0.00**					0.00**					0.31	
	HF	T1	0.00**	0.00**	0.08	0.00**		0.64	0.00**	0.06	0.54		0.00**	0.01**	0.02*	0.37	
		T2		0.04	0.71	0.91			0.01**	0.14	0.85			0.28	0.12	0.62	
		T3			0.72	0.04*				0.68	0.03*				0.37	0.28	
		T4				0.71					0.20					0.12	
	MPF	T1	0.01**	0.01**	0.00**	0.27	0.02*	0.00**	0.09	0.01**	0.00**	0.00**	0.00**	0.67	0.01**	0.00**	0.00**
		T2		0.34	0.00**	0.01**	0.11		0.00**	0.00**	0.04*	0.12		0.21	0.00**	0.01**	0.28
		T3			0.00**	0.01**	0.11			0.02*	0.00**	0.00**			0.08	0.05*	0.16
		T4				0.00**	0.00**				0.01**	0.00**				0.00**	0.00**
		T5					0.05*					0.10					0.04*
	BW_{-20dB}	T1	0.15	0.02*	0.51	0.63	0.01**	0.08	0.00**	0.00**	0.47	0.00**	0.04*	0.00**	0.21	0.00**	0.07
		T2		0.55	0.15	0.22	0.37		0.10	0.00**	0.67	0.78		0.13	0.25	0.18	0.45
		T3			0.08	0.13	0.08			0.03*	0.08	0.03*			0.01**	0.94	0.02*
		T4				0.92	0.06				0.00**	0.00**				0.02*	0.60
B		T5					0.11					0.74					0.05*
	LF	T1	0.03*	0.05*	0.00**	0.91	0.06	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.04*	0.31	0.03*	0.01**	0.00**
		T2		0.58	0.00**	0.01**	0.40		0.00**	0.00**	0.01**	0.01**		0.03	0.00**	0.45	0.07
		T3			0.00**	0.04*	0.35			0.01**	0.79	0.50			0.00**	0.00**	0.00**
		T4				0.00**	0.00**				0.09	0.01**				0.00**	0.00**
		T5					0.03*					0.88					0.12
	HF	T1	0.78	0.45	0.00**	0.57	0.25	0.00**	0.00**	0.00**	0.06	0.00**	0.11	0.00**	0.51	0.02*	0.87
		T2		0.21	0.00**	0.42	0.15		0.35	0.01**	0.27	0.22		0.04*	0.08	0.19	0.17
		T3			0.00**	0.96	0.02*			0.05*	0.07	0.03*			0.00**	0.65	0.00**
		T4				0.00**	0.00**				0.00**	0.00**				0.01**	0.89
		T5					0.18					0.68					0.03*

* $P \leqslant 0.05$, ** $P \leqslant 0.01$ (*t*-test).

T1—T6：6 种不同类型的鸣声（Type 1 – type 6）；S1—S3：音节 1—3（Syllable 1 – syllable 3）；A：Song phrase A；B：Song phrase B.

MPF：Main peak frequency；BW：Bandwidth；LF：Lowest frequency；HF：Highest frequency.

2.5 不同鸣声的短时能量分析比较

从鸣声的短时能量分布上（图 3）也可看出各类鸣声相互之间的差异。鸣声能量分布不同，也反应了鸣声质的差异。如在 A 鸣句中，T1、T3 类型的能量在 S3 音节最高，T5 的 A 鸣句能量高峰在 S2 上；B 鸣句中，T1、T4、T5 的能量在 S2 音节最高，而 T2 音节则在 S3 音节最高。由于各种类型鸣声的能量分布不同，因而产生不同的叫声。

3 讨 论

根据上述对同一生境中同一种鸟类不同类型鸣声的句型结构、音图结构、时域和频域特征参数及短时能量的分析和比较可知，在一个小范围内同一种鸟就有如此明显不同的鸣声。由此可见，不仅远距离之间的同种鸟类有不同的鸣声方言，近距离之间的同种鸟类也有不同的微地理差异，而且在一个范围不大的同一生境中的同一种鸟类也存在鸣声的多样性。这种鸣声的多样性并非是同种类型个体之

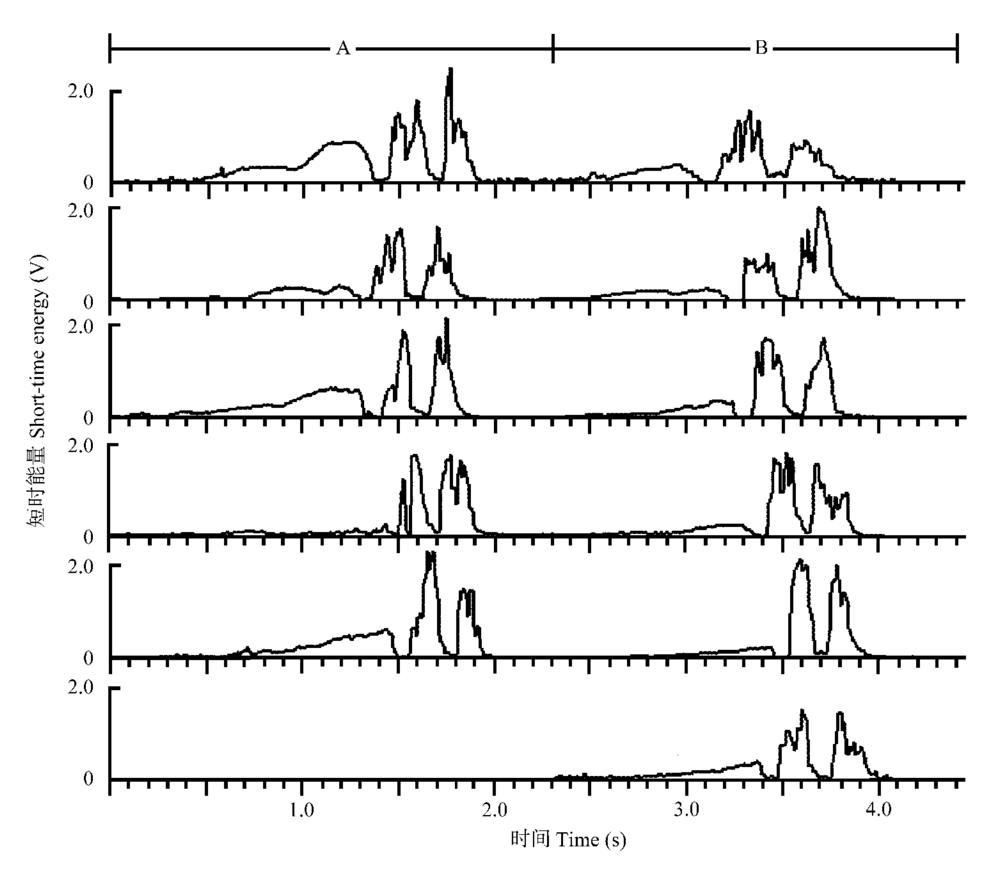


图 3　杭州小和山森林公园内强脚树莺 6 种鸣声的短时能量图

Fig. 3　The short-time energy distribution of six types of song of Brownish-flanked Bush-Warbler in Xiaoheshan Forest Park，Hangzhou

A：Song phrase A；B：Song phrase B.
T1—T6：6 种不同类型的鸣声（Type 1 – type 6）。

间的鸣声在时域、频域等声学参数方面的微细差异，而是鸣声音调大不相同，鸣声的结构差异很大，有关声学参数之间大多存在显著或极显著差异。形成这种鸣声多样性的原因可能是繁殖竞争在声行为上的体现。由于在同一生境中个体密度较大，此起彼伏的鸣声相互形成了嘈杂的环境背景噪声，以致有些个体通过改变音节的顺序，提高或降低某些音节的频率，或改变某音节原有的频率变化规律，试图以有别于邻近个体的鸣声凸显自己，以便有利于获得配偶和领地，从而形成不同的鸣声。然而，这是否为真正的原因，或是否还有其他原因？有待进一步研究。

但作为同一个物种来说，其鸣声必然有一些共同的特征，如鸣声一般均由 A、B 两个鸣句，每一鸣句分别有 3 个音节构成，且第 1 音节均为长恒频声，第 2、3 音节为音调骤变的短变频声等，这与 Yu & Liu（1999）在陕西佛坪自然保护区内强脚树莺的鸣声一样。

参考文献：

Backer MC，Cunningham MA. 1985. The biology of bird-song dialects［J］. *Behav Brain Sci*，**8**：85 – 133.

Baptista LF. 1977. Geographic variation in song and dialects of the Puget Sound White-crowned Sparrow［J］. *Condor*，**79**：356 – 370.

Bretagnolle V. 1989. Calls of Wilson's Storm Petrel：Functions，individual and sexual recognition and geographic variation［J］. *Behaviour*，**111**：98 – 112.

Catchpole CK，Slater PJB. 1995. Bird Song：Biological Themes and Variations［M］. Cambridge：Cambridge University Press.

Cunningham MA，Broardman TJ，Baker MC. 1987. Microgeographic song variation in the Nuttall's White-crowned Sparrow［J］. *Condor*，**89**：261 – 275.

Ding P，Jiang SR. 2005. Microgeographic song variation in the Chinese Bulbul（*Pycnonotus sinenesis*）in urban areas of Hangzhou city［J］. *Zool Res*，**26**（5）：453 – 459.［丁　平，姜仕仁. 2005. 杭州市区白头鹎鸣声的微地理差异. 动物学研究，**26**（5）：453 –

459.]

Ficken MS, Weise CM. 1984. A complex call of the Black-capped Chickadee (*Parus atricapillus*). Ⅰ. *Microgeographic variation* [J]. *Auk*, **101**: 349-360.

Holland J, McGregor PK, Rowe CL. 1996. Changes in microgeographic song variation of the corn bunting [J]. *J Avian Biol*, **27**: 47-55.

Hunter LM, Krebs JR. 1979. Geographical variation in the song of the Great Tit (*Parus major*) in relation to ecological factors [J]. *J Animal Ecol*, **48**: 759-785.

Jiang SR, Zheng XF. 2003. Study on development of multi-functional analyzing & processing system of bioacustic information [J]. *J Zhejiang Univ Sci Technol*, **15** (3): 146-153. [姜仕仁, 郑肖锋. 2003. 多功能动物声信息分析处理系统的开发研究. 浙江科技学院学报, **15** (3): 146-153.]

Jiang SR, Ding P, Shi QS, Zhuge Y. 1996. Studies on the song dialacts in Chinese bulbul [J]. *Acta Zool Sin*, **42** (4): 361-367. [姜仕仁, 丁 平, 施青松, 诸葛阳. 1996. 白头鹎方言的初步研究. 动物学报, **42** (4): 361-367.]

Jiang SR, Ding P, Zhuge Y. 1994. The comparative studies on the characteristics of Chinese bulbul songs between Shensi Island and Hangzhou area [J]. *Zool Res*, **15** (3): 19-27. [姜仕仁, 丁 平, 诸葛阳. 1994. 嵊泗岛和杭州地区白头鹎鸣声特征比较研究. 动物学研究, **15** (3): 19-27.]

Krebs JR, Kroodsma DE. 1980. Repertoires and geographical variation in bird song [J]. *Adv Stud Behav*, **11**: 143-177.

Latruffe C, McGregor PK, Tavares JP, Mota PG. 2000. Microgeographic variation in corn bunting (*Miliaria calandra*) song: Quantitative and discrimination aspects [J]. *Behaviour*, **137**: 1241-1255.

Leader N, Wright J, Yom-Tov Y. 2000. Microgeographic song dialects in the Orange-tufted Sunbird (*Nectarinia osea*) [J]. *Behaviour*, **137**: 1613-1627.

McGregor PK. 1980. Song dialects in the corn bunting (*Emberiza calandra*) [J]. *Z Tierpsychol*, **54**: 285-297.

Mengel RM, Jackson JA. 1977. Geographic variation of the Red-cockaded Woodpecker [J]. *Condor*, **79**: 349-355.

Mundiger PC. 1982. Microgeographic and Macrogeographic Variation in the Acquired Vocalizations of Birds [M]. New York: Academic Press, 147-208.

Nelson DA. 1998. Geographic variation in song of Gambel's White-crowned Sparrow [J]. *Behaviour*, **135**: 321-342.

Payne RB. 1978. Microgeographic variation in songs of the splendid sunbird *Nectarinia coccinigaster*: Population phenetics, habitats, and song dialects [J]. *Behaviour*, **65**: 282-308.

Peters S, Searcy WA, Beecher MD, Nowicki S. 2000. Geographic variation in the organization of song sparrow repertoires [J]. *Auk*, **117**: 936-942.

Rich T. 1981. Microgeographic variation in the song of the Sage Sparrow [J]. *Condor*, **83**: 113-119.

Shieh BS. 2004. Song structure and microgeographic variation in a population of the Grey-cheeked Fulvetta (*Alcippe morrisonia*) at Shoushan Nature Park, Southern Taiwan [J]. *Zool Stud*, **43**: 132-141.

Slabbekoorn H, Peet M. 2003. Birds sing at a higher pitch in urban noise [J]. *Nature*, **424**: 267-267.

Slabbekoorn H, Jesse A, Bell DA. 2003. Microgeographic song variation in island populations of the White-crowned sparrow (*Zonotrichia leucophrys nutalli*): Innovation through recombination [J]. *Behaviour*, **140**: 947-963.

Tracy TT, Baker MC. 1999. Geographic variation in syllables of House Finch songs [J]. *Auk*, **116**: 666-676.

Westcott DA, Kroon FJ. 2002. Geographic song variation and its consequences in the Golden Bowerbird [J]. *Condor*, **104**: 750-760.

Wright TF. 1996. Regional dialects in the contact call of a parrot [J]. *Proc R Soc London*, *Ser B*, **263**: 867-872.

Yu Q, Liu RS. 1999. Two types of songs in the Strong-footed (*Cettia fortipes*) [J]. *Chn J Zool*, **34** (4): 17-19. [俞 清, 刘如笋. 1999. 强脚树莺雄鸟的两种歌声. 动物学杂志, **34** (4): 17-19.]

Zheng GM, Zhang ZW, Ding P, Ding CQ, Lu X, Zhang YY. 2002. A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of the World [M]. Peking: Science Press, 158. [郑光美, 张正旺, 丁 平, 丁长青, 卢 欣, 张雁云. 2002. 世界鸟类分类与分布名录. 北京: 科学出版社, 158.]

Zhu MX. 1992. The Technique of Computer Speech Sounds [M]. Beijing: Beihang University Publishing House, 39-88. [朱民雄. 1992. 计算机语音技术. 北京: 北京航空航天大学出版社, 39-88.]